

га нуждается в разработке новых математических алгоритмов для устройств учёта электроэнергии, работу которых хорошо описывает концепция *Smart Metering*. Благодаря таким устройствам, в перспективе становится возможным управление распределительными сетями напряжением 35, 10, 6 кВ.

Таким образом, на основании вышесказанного планируется создание интерактивной карты нового поколения, способной реализовать обе концепции *Smart Grid* и *Smart Metering* для задач визуализации процесса электроснабжения Екатеринбурга и гибкого управления им. Данная карта может быть взята за основу для работы такого online сервиса, который бы обеспечивал подачу необходимой информации различным структурным подразделениям электроэнергетической отрасли. В дальнейшем вполне возможно внедрение дочернего подразделения картографического сервиса для непрерывного обновления стратегически важных данных об изменении состава работающего оборудования и конфигурации сети электроснабжения по данным протоколов.

Ожидается, что работа подобного сервиса приведёт к росту заинтересованности электросетевых компаний в постоянном расширении и функциональном развитии интерактивных карт. С другой стороны, активное использование специализированных карт другими энергокомпаниями создаст благоприятные условия для технического и экономического взаимодействия между участниками энергообмена и приведёт к снижению себестоимости транспорта электрической энергии.

#### *Библиографический список*

1. API Яндекс. Карт [Электронный ресурс]. URL: <http://api.yandex.ru/maps/>.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАХОВИЧНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ**

*Нагорских В.С., Ларьков Н.С.*

*Уральский государственный аграрный университет (УрГАУ)*

Рассматриваются вопросы применения маховичных накопителей энергии в сельскохозяйственной технике в качестве инерционных двигателей для различных отраслей сельского хозяйства, приведён обзор существующих зарубежных конструкций маховичных накопителей энергии, устройство и основы расчёта.

Ключевые слова: маховичные накопители энергии, анализ зарубежных аналогов, устройство, основы расчёта, экономичность.

На современном этапе развития наша цивилизация является энергопотребляющей. И энергопотребление растёт с каждым днём.

Рост объёмов использования энергии и транспорта является индикатором экономического развития. Энергия является ключевым фактором социально-экономического развития. Она также находится в центре экономических, социальных и экологических целей устойчивого развития. Овладение способами управления энергией значительно расширило возможности человека, позволив ему пользоваться беспрецедентной производительностью, мобильностью и комфортом [1].

При этом большая часть потребляемой энергии вырабатывается из нефтепродуктов.

Как показывает опыт более развитых стран, доля нефтепродуктов в энергобалансе нашей страны должна возрасти, по крайней мере, до 40-50 %, как это имело место в Северной Америке и Западной Европе.

Для стран с переходными экономиками, включая Китай, можно ожидать роста спроса на нефть в дальнейшем, поскольку имеются сферы, где нефтепродукты по-прежнему остаются вне конкуренции, – это мобильные энергетические установки – моторы и двигатели, скоростное машиностроение. Спрос на моторное топливо будет расти в связи с развитием особенно малого и личного транспорта. Можно ожидать, что в своей максимальной точке расход нефтепродуктов на душу населения возрастёт здесь, по крайней мере, в 2-3 раза [2].

При этом большая доля потребления нефтепродуктов приходится на сельское хозяйство. Только в 2006 году потребность в дизельном топливе составила 6,1 млн т, автобензина – 2,4 млн т [3].

Как видим, двигатели внутреннего возгорания (ДВС) заняли широкую нишу в энергопотреблении, это вызвано удельной электроёмкостью топлива: один килограмм бензина при сжигании выделяет 12-14 кВт·ч, что примерно в 60 раз больше чем может накопить свинцовый аккумулятор массой 10 кг (таблица).

Но у ДВС есть ряд существенных недостатков. Так при высокой энергоёмкости нефтепродуктов, КПД ДВС очень низок – 25-30 % (таблица). Двигатели внутреннего сгорания требуют постоянного ухода, очень сложны в изготовлении и весьма вредны для окружающей среды, как в использовании, так и в транспортировке и хранении топлива: «Август 2003 года. Пакистан. Гибель танкера «Tasman Spirit». В результате гибели танкера в море вытекло 28000 тонн сырой нефти. Загрязнены порт, внешняя акватория порта и пляжи Карачи» [4].

Кроме того, нефть и газ – это исчерпываемые ресурсы, цена которых постоянно растёт, что весьма ощутимо сказывается на стоимости производимой продукции.

Необходимость более широкого внедрения электрического привода для мобильных энергетических установок становится актуальной с каждым днём.

Но действительно ли электромобили – чистые, и не лучше ли совершенствовать ДВС и гибридные системы? Ответ у калифорнийских инженеров таков. Tesla Roadster – самый чистый и энергетически эффективный серийный автомобиль в мире. Но о какой чистоте идёт речь, если никакого выхлопа тут нет? Авторы родстера высчитали полный КПД автомобилей разных типов, проследив весь путь «энергии» от нефтяной скважины и до непосредственно ведущих колёс машины. В случае с бензиновыми и дизельными авто – это была добыча и переработка нефти, КПД собственно ДВС и трансмиссии машин, ну и в целом – их расход топлива на 100 километров. В случае с электромобилем – добыча топлива (газа), сжигание его на тепловых станциях, выработка электроэнергии, передача её по сети, зарядка автомобиля, полный КПД его электрических систем и затраты электричества, выкаченного из розетки. Кстати, Tesla тратит

110 ватт-часов на километр пути, что в пересчёте на бензин эквивалентно расходу в 1,74 литра на 100 километров.

В результате всех этих подсчётов у Tesla Motors получилось, что каждый мегаджоуль исходной (в скважине) химической энергии у автомобилей с одним ДВС (дизелем или бензиновым) превращался в 0,48-0,52 километра пробега, у автомобилей–гибридов (ДВС плюс электромотор) – 0,56 километра, а у Tesla Roadster – в 1,14 километра пробега.

Это значит, что в целом для природы такой автомобиль действительно «милее». Любопытно также, что по выкладкам Tesla Motors получилось, что машины на водороде и топливных элементах (при получении водорода из природного газа), а также машины с ДВС, работающие на сжатом природном газе – по суммарной эффективности проиграли всем упомянутым выше типам автомобилей, показав 0,32-0,35 километра на исходном мегаджоуле.

А это значит, что пока не найдено иных решений для снижения загрязнения атмосферы, не только в городах, но и в целом на планете – выгодней строить электромобили и развивать, расширять и совершенствовать электростанции» [5].

Но широкому использованию электропривода в мобильных энергоустановках мешает отсутствие аккумулирующих систем, обладающих большой энергоёмкостью, дешёвых, экологически чистых, мобильных, простых в обслуживании, способных составить конкуренцию ДВС.

Химические аккумуляторы относятся к категории источников энергии многоразового действия. Накопление энергии в них происходит при протекании химической реакции окисления – восстановления электродов. При разряде имеют место обратные процессы. На сегодняшний день выпускаются свинцовые, железо-никелевые, никель-кадмиевые, серебряно-цинковые, серно-натриевые, медно-литиевые и иные аккумуляторы. Среди них наибольшее распространение получили свинцовые (или свинцово-кислотные) аккумуляторы благодаря надёжности и относительно невысокой цене. Их основным достоинством является стабильность напряжения при изменении тока нагрузки и температуры. В свинцово-кислотных аккумуляторах, выполненных по классической технологии, в качестве электролита используется раствор серной кислоты в дистиллированной воде. Его плотность, меняющаяся в процессе разряда и заряда и зависящая от температуры раствора, в значительной мере влияет на технические характеристики аккумулятора. А вследствие выделения газов (водорода и кислорода) при работе и хранении такие аккумуляторы оказывают вредное влияние на людей и на аппаратуру. Они наиболее дешёвы, но требуют специальных помещений, а также дополнительных затрат на обслуживание.

В отличие от химических аккумуляторов маховики долговечны (до 20 лет), практически не требуют обслуживания, экологически чисты и имеют высокий КПД.

Как видно из таблицы, маховики могут на равных конкурировать с ДВС. Стоит учитывать и то, что ДВС практически достигли предела своего развития, в то время как ёмкость маховика ограничивается только прочностью материала, из которого он изготовлен.

В последнее время учёные создают всё более прочные материалы, что открывает большие перспективы для использования маховичных накопителей в различных отраслях народного хозяйства. Уже создаются стационарные энергетические установки, основанные на накоплении энергии маховиком.

Американская компания Beacon Power, основанная в 1997 году, создала целую линейку тяжёлых стационарных супермаховиков, предназначенных для включения в промышленные энергосети [6].

С экономической точки зрения разработка кластеров массивных супермаховиков, подобным разработкам Beacon Power, в нашей энергетике может принести значительную прибыль с учётом вводимого ограничения по тарифам для АЭС и ТЭС, не участвующих в регулировании частоты сети. Не надо забывать и о повышении надёжности и безопасности оборудования АЭС и ТЭС, при условии постоянной работы в базовом режиме без колебаний в мощности» [7].

Но применение маховиков экономически выгодно не только в этой сфере. Стоимость 1 кВт·ч энергии, выработанной ДВС, составляет около 7 рублей; электроэнергия, накопленная и отданная маховиком, обходится в 2 руб./кВт·ч, а с использованием рекуперации – и того меньше. Маховичные накопители могут быть востребованы для применения в сельскохозяйственном производстве небольших (30 кВт) мобильных аккумулирующих систем.

Плотность аккумулируемой энергии в различных устройствах и материалах\*

Устройство (материал)	Плотность энергии, кВт·ч /кг*	КПД, %	Плотность энергии кВт·ч /кг* с учётом КПД
Бензин	13,0-14,0	25-30	3,25-4,2
Свинцово-кислотный аккумулятор	0,025-0,04	96-98	0,02-0,039
Стальной маховик	0,05	96-98	0,049
Маховик из стального волокна	0,215-0,5	96-98	0,21-0,49
Маховик из кварцевого стекла	0,9	96-98	0,88
Кольцевой маховик	1,4-4,17	96-98	1,36-4,0

\* вес мотора и генератора, двигателей не учтён [8]

#### Библиографический список

1. <http://grida.no/geo/geo3/russian/086.htm>
2. <http://ehighenergy.info/st.htm>
3. <http://www.mcx.ru>
4. <http://odin.tc/disaster/tankers2.asp>
5. <http://www.membrana.ru/articles/technic/2006/07/20/210700.html>
6. <http://www.proatom.ru>
7. <http://www.a-energy.ru>
8. Гулиа Н.В. Накопители энергии. М.: Наука, 2006. 150 с.
9. Ristinen R.A. and Kraushaar J.J. Energy and the Environment. New York: John Wiley & Sons, 1999. 367 p.